

УДК 539.3

П.В. Ясній, д.т.н., проф., С.В. Гладьо

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКОМЕХАНІЗМІВ ЗАРОДЖЕННЯ ТА ПОШИРЕННЯ ВТОМНИХ ТРІЩИН В АЛЮМІНІЄВОМУ СПЛАВІ Д16ЧТ

P.V. Yasniy, Dr., Prof., S.V. Glado

RESEARCH OF MICROMECHANISMS OF FATIGUE CRACKS START AND GROWTH IN ALUMINUM ALLOY D16CHT

Плоскі зразки товщиною 6 mm і шириною робочої ділянки 60 mm з центральним отвором діаметром 8 mm, 10 mm і 12 mm з алюмінієвого сплаву Д16ЧТ (виготовлені згідно з ГОСТ 25.502-79) випробовували втомую. Зразки випробовували циклічним розтягуванням на електрогідравлічній машині СТМ-100 при $\sigma_{\max} = 147 \text{ MPa}$, за коефіцієнту асиметрії циклу навантаження $R = \sigma_{\min} / \sigma_{\max} = 0.05$ та частоти навантаження $f = 15 \text{ Hz}$ (тут σ_{\min} , σ_{\max} – відповідно найменше та найбільше номінальне напруження).

Дослідження реалізовували відповідно до наступної схеми:

- аналіз поверхні руйнування для встановлення форми і фронту тріщини;
- аналіз зони тріщини в кутових її частинах;
- локалізація зародження тріщини, а також прилеглої зони;
- аналіз центральної частини поширення тріщини для установлення характерних ознак мікромеханізму руйнування;
- аналіз фронту макротріщини при переході до зони долому.

Аналізували поверхню втомного руйнування зразків з дорнованими і не дорнованими отворами. Виявили, що форма фронту і траєкторія поширення втомної тріщини в дорнованих і не дорнованих зразках з отворами різна.

Фронт втомної тріщини в зразках з отворами після механічної обробки наближений до півеліптичного (рис. 1а). Тріщина зароджується переважно в середині (по товщині) ділянці отвору і поширюється в тіло зразка. Фронт тріщини набуває півеліптичної форми (рис. 1б). Лише коли довжина тріщини в середній ділянці зразка сягає 3-4 мм, довжина її на поверхні зразка дорівнює приблизно 0,25 мм.

В дорнованих зразках тріщина виникає на кромці отвору, переважно з боку входу дорна в отвір, і поширюється в тіло зразка (рис. 1в). Фронт тріщини спочатку набуває чвертьеліптичної форми (рис. 1г), а в подальшому стає півеліптичним (рис. 1г). Треба зазначити, що втомна тріщина в зразках з дорнованими отворами спочатку не виходить на поверхню отвору, а проростає до протилежної стінки зразка на відстані 1-2 мм від отвору. Такий ефект виникає внаслідок дії залишкових стискувальних напружень в околі отвору дорнованих зразків. При подальшому поширенні втомної тріщини, вказана смужка руйнується за в'язким механізмом з утворенням ямок відриву.

Такі особливості формування початкового фронту тріщини і його трансформації упродовж подальшого розвитку тріщини, без її виходу на поверхню утруднює надійну діагностику елементів конструкцій з використанням оптичних методів і вимагає додаткових засобів контролю пошкоджуваності елементів конструкцій.

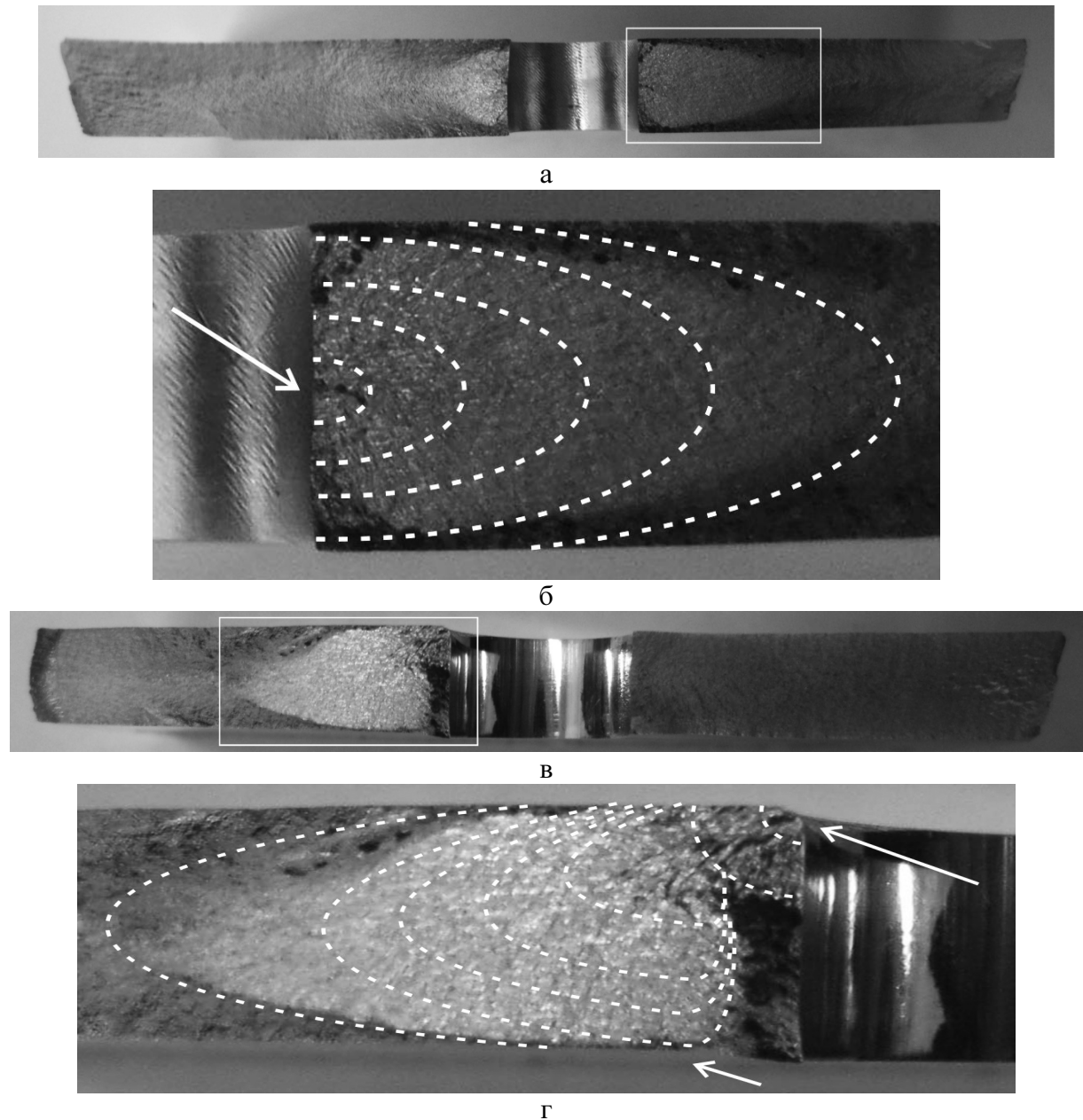


Рис. 1. Місце зародження та фронт поширення втомної тріщини в зразку з отвором після механічної обробки –а,б та з отвором після дорнування з натягом 2% - в, г

На стадії усталеного росту втомної тріщини формуються виражені втомні борозенки, розміщені окремими терасами. На поверхні зламу чітко видно гребені, що розділяють тераси з втомними борозенками. Напрямок гребенів паралельний до напрямку поширення втомної тріщини. Характерні фрагменти ділянок усталеного розвитку втомної тріщини подано на рис. 2б, в. Втомні борозенки розміщені на терасах, розмір яких сумірний з розміром структурних елементів алюмінієвого сплаву. Орієнтація окремих терас змінюється від зерна до зерна. Наявність в структурі сплаву масивних включень спричиняє локальне в'язке руйнування матеріалу за механізмом росту мікропор (рис. 2 в).